

# Análise da decomposição estrutural da emissão de CO<sub>2</sub>: 1995 a 2009

## Analysis of the structural decomposition of CO<sub>2</sub> emission: 1995 to 2009

Emerson Guzzi Zuan ESTEVES [1](#); Alexandre Florindo ALVES [2](#); Umberto Antonio SESSO FILHO [3](#)

Recibido: 20/04/2017 • Aprobado: 18/05/2017

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
  - [2. Revisão da literatura teórica e empírica](#)
  - [3. Metodologia](#)
  - [4. Resultados](#)
  - [5. Considerações finais](#)
- [Referências](#)

#### RESUMO:

O estudo teve como objetivo realizar a Análise de Decomposição Estrutural (ADE) da variação Emissão de CO<sub>2</sub> a partir dos dados do World Input-Output Database (WIOD) para quarenta países no período 1995/2009. Como principais resultados, destaca-se que o Efeito Total foi de aproximadamente 322 mil Gg em 1995 para -386 mil Gg em 2009. O estudo confirma a dinâmica do lançamento de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, bem como os efeitos da crise de 2008 nas emissões.

**Palavras-chave:** Matriz Insumo-Produto. Emissão de CO<sub>2</sub>. Desenvolvimento sustentável.

#### ABSTRACT:

The study aimed to perform the Structural Decomposition Analysis (ADE) of the CO<sub>2</sub> emission variation from the World Input-Output Database (WIOD) data for forty countries in the period 1995/2009. The main results show that the Total Effect was from approximately 322 thousand Gg in 1995 to -386 thousand Gg in 2009. The study confirms the dynamics of the release of CO<sub>2</sub> into the atmosphere, as well as the effects of the 2008 crisis on emissions.

**Keywords:** Input-Output Matrix. CO<sub>2</sub> Emissions. Sustainable Development.

## 1. Introdução<sup>4 5 6</sup>

As economias estão interligadas pelo fluxo de capitais e pelo comércio de bens e serviços. O processo de integração é impulsionado pelos Estados, fazendo parte das suas estratégias econômicas, reforçando o processo de globalização.

A preocupação com o resultado da ação humana sobre a natureza é um tema recorrente em encontros e conferências internacionais desde meados do século XX, sendo possível destacar, como sugerido por Borges & Tachibana (2005), três períodos principais. O primeiro compreende a publicação do Relatório Limites do Crescimento, elaborado pelo Clube de Roma, e a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano realizada em Estocolmo, ambas datadas de 1972, enquanto o segundo período é identificado pela publicação, em 1987, do relatório *Nosso Futuro Comum* formulado pela Comissão Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente, fundada pela ONU. A terceira fase, por sua vez, é definida pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em 1992 (RIO-92), e o Protocolo que Kyoto firmado em 1997.

Por intermédio do Protocolo de Kyoto os países desenvolvidos se comprometeram com a redução das emissões dos chamados gases do efeito estufa (*GHG – Green House Gases*) entre 2008 e 2012, tendo como meta emissões 5,2% inferiores ao nível de 1990 (Hilgemberg & Guilhoto, 2008). Para o segundo período do acordo, pós 2012, haveria necessidade de uma redução de 20 a 30% das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), com base no ano de 1990, até 2030, e de 60% a 80%, até 2050.

O Protocolo de Kyoto foi formulado seguindo o princípio das “responsabilidades comuns, porém diferenciadas”, de modo que aos países desenvolvidos foi atribuída a responsabilidade por grande parte do estoque de poluentes dispersos na atmosfera, haja visto que os surtos de crescimento econômico ocasionados pelas revoluções industriais estiveram atrelados à disseminação do uso de combustíveis fósseis. Dessa maneira, embora os países em desenvolvimento apresentem crescimento dos níveis de emissão, entende-se que esses países não são os principais causadores dos estoques de poluentes acumulados na atmosfera (Fernandes *et. al.*, 2012).

O debate acadêmico sobre desenvolvimento sustentável se concentra em duas correntes principais de interpretação. De um

lado a chamada economia ambiental, que analisa os recursos naturais na lógica do mercado e considera que os mesmos não representam, em longo prazo, um limite absoluto à expansão da economia. E de outro, a economia ecológica, que vê o sistema econômico como um subsistema de um todo maior que o contém, impondo uma restrição absoluta à sua expansão. Em outras palavras, em longo prazo, a sustentabilidade do sistema econômico não é possível sem estabilização dos níveis de consumo *per capita* de acordo com a capacidade de carga do planeta (Romeiro, 2010).

Neste contexto, o problema da tese é identificar e analisar qual foi o comportamento das Emissões de CO<sub>2</sub> no período de 1995 até 2009, que foi afetado por várias crises econômicas.

Assim, a hipótese inicial deste trabalho é de que as crises econômicas ocorridas no período, ao contribuírem para um acirramento da concorrência, estariam acarretando numa variação estrutural do nível da Emissão de CO<sub>2</sub>. Os Países estariam se especializando em segmentos com maiores vantagens comparativas, enquanto estariam importando produtos de setores menos competitivos. No longo prazo este aumento das importações, levaria há uma nova configuração estrutural destes setores.

O objetivo geral do estudo é determinar e avaliar a decomposição estrutural variação do nível da Emissão de CO<sub>2</sub> no período de 1995 até 2009, utilizando análise da matriz insumo-produto e Structural Decomposition Analysis (SDA). Os dados foram obtidos da *World Input-Output Database - WIOD* com tabelas de insumo-produto de 40 países (27 da União Europeia e outros 13 selecionados) acrescidas do restante do mundo.

A metodologia utilizada tem como base a matriz-insumo produto proposta por Wassily Leontief. Este instrumento fornece informações estatísticas que retratam as diversas relações de interdependência setorial entre agentes e atividades econômicas. O modelo é importante para o planejamento econômico público e privado, pois permite comparar as estruturas econômicas de produção entre países ou regiões.

Para tanto, este artigo está estruturado em seis seções incluindo esta introdução e a Conjuntura Economia Mundial no período de 1995 até 2009. A segunda seção descreve Revisão Teórica e a temática das Emissão de CO<sub>2</sub>. A terceira seção explana sobre a Interdependência Econômica. A metodologia e o referencial teórico utilizado na análise quantitativa do estudo estão explicitados na quarta seção. Já na quinta seção são expostos e analisados os resultados da pesquisa. E por último as considerações finais

---

## 2. Revisão da literatura teórica e empírica<sup>7</sup>

Durante muitos anos, crescimento econômico e preservação ambiental foram tratados como sendo incompatíveis. Há um consenso de que é plenamente possível e conveniente a conciliação de preservação ambiental e crescimento econômico. Assim, a economia não poderia ficar omissa, surgindo, então, a necessidade de reformulação das bases teóricas vigentes, na tentativa de se conceber uma valoração ambiental mais justa, capaz de atender aos preceitos do desenvolvimento sustentável (Damasceno & Mata, 2002, p. 48).

Segundo Vieira & Rocha (2005, p. 3), a questão ambiental no Brasil revela aspectos de mudança de reestruturação do espaço competitivo de mercado, em função das transformações do setor produtivo sob o viés ambiental. Além disso, revela mudanças na ideia de sustentabilidade, através da participação governamental e de instituições como fundações, ONG's envolvidas na questão ambiental.

Diante da importância das questões ambientais para o crescimento econômico sustentável, a literatura recente tem abordado essa temática através da utilização de diversos métodos. Dentre esses métodos, o de insumo-produto vem ganhando grande notoriedade nos últimos anos.

De acordo com Guilhoto *et al.* (2010), isso se deve ao fato do instrumental de insumo-produto ser o método mais indicado para avaliar os impactos da poluição e do uso de recursos naturais pois, em razão da interdependência que há entre os setores econômicos, torna-se praticamente impossível identificar os verdadeiros poluidores considerando-se apenas um único setor.

Dessa forma, ao longo do tempo, surgiram vários trabalhos abordando essa temática através de análise insumo-produto, dentre eles os mais conhecidos foram desenvolvidos por Leontief & Ford (1972), Casler & Blair (1997) e Labandeira e Labeage (2002).

No trabalho de Leontief & Ford (1972), os autores investigaram os efeitos estruturais sobre a poluição do ar para os Estados Unidos no período 1958 a 1980, tornando possível projetar cenários futuros de emissão. Esse trabalho apresenta pela primeira vez a análise de decomposição estrutural, que é um método de estática comparativa utilizado para avaliar mudanças estruturais de uma economia com base em dados de insumo-produto.

Labandeira & Labeage (2002) utilizou o modelo insumo-produto híbrido para calcular a intensidade das emissões de CO<sub>2</sub> e observar as possíveis consequências da implantação de uma taxa de imposto para a Espanha no ano de 1992. Para esse estudo, foram considerados 57 setores produtivos e cinco tipos de combustíveis fósseis, sendo eles o carvão, o lignito, os combustíveis líquidos, o gás natural e o gás manufacturado. Os resultados indicaram que os setores mais intensivos na emissão de dióxido de carbono naquele país foram: extração de carvão, eletricidade, gás natural, refino de petróleo, gás manufacturado, cimento, transporte marítimo, cerâmicas e tijolos.

No que tange a trabalhos que utilizam o método de insumo-produto aplicado à emissão de dióxido de carbono, para o caso brasileiro, é possível citar Hilgemberg & Guilhoto (2008), Wachsmann (2005), Morais *et al* (2006) e Silva & Perobelli (2012).

Wachsmann (2005) realizou uma análise de decomposição estrutural do consumo energético no Brasil e das emissões de CO<sub>2</sub> abrangendo o período de 1970 a 1996. Neste estudo foi constatado que as mudanças no consumo energético do período foram causadas principalmente por mudanças no nível do PIB *per capita*, no número de habitantes e nas dependências intersetoriais.

Outros trabalhos também utilizaram o método de insumo-produto para análise da emissão de CO<sub>2</sub> de outros países, entre eles pode-se citar Chen & Zhang (2010) para o caso da China, Alcántara & Padilla (2003) para a Espanha, Cruz & Barata (2007) para Portugal, Lin (2012) para Taiwan & Hetherington (1996) para o Reino Unido.

## 2.1. Emissão de CO<sub>2</sub>

A Revolução Industrial gerou um processo ininterrupto de urbanização e industrialização da sociedade, que fez surgirem novas demandas por serviços de diversas naturezas, tais como: energia, transporte, infraestrutura, bem como serviços industriais e comerciais. Unem-se a isso, o gradativo crescimento populacional e a ascensão nos padrões de consumo, os quais têm instigado uma ampliação progressiva no aproveitamento dos recursos naturais (Jannuzzi, 1996, p. 384).

Ademais, conforme Jannuzzi (1996), esse modelo de desenvolvimento econômico, assentado principalmente no consumo de combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural e petróleo), tem causado elevação na concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, intensificando o chamado "efeito estufa", que pode ocasionar sérias e imponderáveis transformações nos padrões climáticos do planeta.

Segundo o *World Input-Output Database* (WIOD), os principais gases causadores do efeito estufa são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), amônia (NH<sub>3</sub>) e outros compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC).

Pesquisas que utilizaram modelos sofisticados de simulação atmosférica chegaram à previsão que nos próximos cem anos, a elevação da temperatura média do planeta num cenário otimista poderá ser de 1,5°C, podendo atingir, no mais pessimista a 5,8°C (Pereira & May, 2010, p. 318).

Assim sendo, os impactos resultantes do aquecimento global poderão acarretar consequências, provavelmente irreversíveis, para os ecossistemas e sua biodiversidade, afetando de modo direto as sociedades humanas. Segundo Pereira & May (2010, p. 222), dentre as prováveis consequências, ressaltam-se:

- o aumento do nível dos oceanos;
- o derretimento de geleiras, glaciares e calotas polares;
- alterações nos regimes de chuvas e ventos, com intensificação de fenômenos extremos tais como furacões, tufões, ciclones, tempestades tropicais e inundações;
- elevação do processo de desertificação e da dificuldade de acesso à água potável;
- redução de biodiversidade e de áreas agricultáveis;
- ampliação da incidência de doenças transmissíveis por vetores;
- aumento do risco de incêndios, dentre outras.

É interessante destacar que tais emissões vêm crescendo de modo considerável nos últimos anos, principalmente nos países em desenvolvimento. Por essa razão a diminuição das emissões dos gases de efeito estufa (GEE), com ênfase para o CO<sub>2</sub>, uma das variáveis dessa tese, vem sendo objeto de estudo para se atenuar o aquecimento global.

Para Agarwal (2009), a poluição atmosférica despeja no meioambiente uma quantidade significativa de gases, tais como dióxido de carbono, dióxido de enxofre e amônia e compostos que, por vezes, afetam o elemento químico da água. Segundo Wang (2010), a poluição da água subterrânea ocorre pelo fluxo de poluentes através das camadas do solo, alcançando os lençóis freáticos que usualmente são as fontes primárias da água de rios e lagos.

No ano de 2003, no Brasil o consumo por energias renováveis corresponde a 41,3% do total, enquanto no resto do mundo essa utilização cai para 14,4%, como se pode observar na Tabela 1 a seguir.

A fonte pioneira de energia renovável da humanidade foi a biomassa. O *trade-off* entre alimentos e energia é uma das desvantagens, pode ser insustentável no longo prazo, assim como pode ser afetada por pestes, secas e mudanças climáticas. Destaca-se como primazia a maturidade e competência das tecnologias na queima da biomassa. Pequenos sistemas adotando resíduos de colheitas para minimizar os custos de transporte. (Chaves, 2009).

## 2.2. Interdependência Econômica<sup>8</sup>

Os desdobramentos do conceito de interdependência tendem a focar primariamente em questões de riqueza e bem estar econômico. Tal foco decorre do fato de que a interdependência aumenta em relação direta com industrialização e modernização. Quando tais processos se iniciam, o acesso regular aos mercados é necessário para a obtenção e manutenção de crescimento econômico. Assim, ocorre aumento da interdependência e uma complexa retroalimentação é estabelecida entre certas metas econômicas e as consequências da interdependência. Quanto maior for a proporção de comércio internacional no produto interno bruto mais dependente é o Estado do sistema de comércio (Guedes, 2003).

A interdependência será simétrica se todos os atores no sistema internacional são igualmente afetados. Caso um ator permaneça relativamente indiferente com relação às mudanças nas inter-relações, enquanto o outro é afetado, então a interdependência é tida como assimétrica (Guedes, 2003).

A sensibilidade é maior para os países que não possuem capacidade de enfrentar e responder prontamente as situações assimétricas em conflitos. Nestes países os danos são mais perceptíveis, isto se explica, pelo custo e a disponibilidade de recursos, pois os países periféricos não possuem alternativas suficientes para oferecerem respostas rápidas e os recursos são menores (Rodrigues, 2014).

Por outro lado, a vulnerabilidade é importante para entender a estrutura política das relações e refere-se à possibilidade de determinado país influenciar no resultado das ações de outro país. É uma consequência de médio e longo prazo e está ligada à obrigação de um ator sofrer os custos impostos pelos eventos externos depois que as políticas foram alteradas. Tal dimensão se destaca como elemento determinante na política internacional, pois se o ator em questão for menos vulnerável

possuirá maior poder de barganha e possibilidade de estratégias nas relações internacionais (Mariano & Mariano, 2002).

Ser menos dependente pode constituir uma fonte de poder. Se duas partes são interdependentes, mas uma é menos dependente do que a outra, a parte menos dependente detém uma fonte de poder enquanto ambas valorizarem o relacionamento de interdependência.

### 3. Metodologia

Os países não estão isolados no espaço. Eles interagem e desenvolvem relações de dependência entre si, de insumos e mercados. Um produto vendido de um país a outro incorpora o valor adicionado ou renda dos fatores primários mais lucro do país vendedor. Pode-se afirmar que a produção de um país, ao criar uma demanda por insumos de outro, gera renda neste (Haddad, 2005).

Nesse sentido, o objetivo do artigo é estabelecer a decomposição estrutural da variação do nível da Emissão de CO<sub>2</sub> via matriz insumo produto mundial período de 1995 até 2009 utilizando análise de insumo-produto e Structural Decomposition Analysis (SDA), com a comparação anual de 1995-1996 até 2008-2009.

#### 3.1. Fonte de dados

A base de dados empregada pertence ao *World Input-Output Database* - WIOD (Banco de Dados Mundial de Insumo-Produto). Conforme ratifica Timmer *et al.* (2012), a finalidade do desenvolvimento desta fonte de dados é explorar as consequências da globalização sobre os componentes e agregados econômicos em diversos países.

Desta forma, empregando os dados divulgados na página eletrônica WIOD, a estrutura desta tese baseia-se nas tabelas de insumo-produto de 40 países [9] (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados) acrescidas do restante do mundo, nos anos de 1995-2009. Apesar de existirem 35 setores produtivos, como consta na Tabela 2 a seguir, o setor de Residências Particulares com Empregados (35) não contém dados disponíveis para grande maioria dos países. Sendo assim, optou-se por analisar apenas 34 setores neste estudo.

**Tabela 1** - Setores produtivos para a matriz insumo-produto

Setores da economia	
1 Agropecuária	19 Venda e manutenção de veículos automotores
2 Extrativismo mineral	20 Atacado
3 Alimentos, bebidas e fumo	21 Varejo
4 Têxteis	22 Hotéis e restaurantes
5 Vestuário	23 Transporte terrestre
6 Madeira e produtos da madeira	24 Transporte aquático
7 Papel, celulose e gráfica	25 Transporte aéreo
8 Refino de petróleo e combustível nuclear	26 Outras atividades de suporte ao Transporte
9 Indústria química	27 Comunicações
10 Borracha e plástico	28 Intermediação financeira
11 Outros minerais não metálicos	29 Aluguéis
12 Metalurgia	30 Serviços prestados às empresas
13 Máquinas e equipamentos	31 Administração pública
14 Eletrônicos e equipamentos ópticos	32 Educação
15 Equipamentos de transporte	33 Saúde
16 Manufatura e reciclagem	34 Outros serviços
17 Eletricidade, gás e água	35 Residências particulares com empregados
18 Construção	

**Fonte:** *World Input-Output Database* - WIOD (2014).

#### 3.2. Metodologia básica de Insumo-Produto<sup>10</sup>

O modelo básico insumo-produto, desenvolvido por Wassily Leontief no final da década de 1930, procura captar as interdependências ou interações dos setores produtivos, tomando como base as relações de compra e venda de insumos, para um determinado tempo e localidade (Miller & Blair, 2009). Tal modelo é baseia-se na hipótese de equilíbrio geral da economia a um dado nível de preço, de modo que as quantidades demandas e ofertadas serão idênticas. Além dessa hipótese, a construção do modelo supõe retornos: *i*) constantes à escala; *ii*) preços constantes; *iii*) mudanças tecnológicas lentas, permitindo que os coeficientes técnicos sejam considerados constantes para períodos curtos; *iv*) demanda final exógena e; *v*) oferta infinitamente elástica, de modo que toda demanda adicional possa ser coberta expandindo-se a produção aos custos apresentados na matriz (Guilhoto, 2000).

Os fluxos intersetoriais são determinados por fatores tecnológicos e econômicos em uma economia, segundo Leontief (1951, apud Guilhoto, 2000), e podem ser representados matricialmente da seguinte forma:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{y} \quad (1)$$

Onde:

$\mathbf{x}$  = vetor ( $n \times 1$ ) com o valor bruto da produção;

$\mathbf{y}$  = vetor ( $n \times 1$ ) com a demanda final setorial e;

$\mathbf{A}$  = matriz ( $n \times n$ ) com os coeficientes técnicos de produção, na qual o elemento  $a_{ij}$  representa a participação do produto do setor  $i$  sobre a produção do setor  $j$ .

A matriz  $\mathbf{A}$  é obtida a partir da matriz de consumo intermediário, a qual relata as relações de compra e venda de insumos entre os setores. Sendo  $\mathbf{Z}$  a matriz de consumo intermediário, o elemento  $z_{ij}$  sinaliza o valor demandado pelo setor  $j$  do setor  $i$ . Desse modo, fazendo  $z_{ij}/x_j$  obtém-se o elemento  $a_{ij}$  da matriz  $\mathbf{A}$ .

Isolando  $\mathbf{x}$  obtém-se:

$$\mathbf{x} = \mathbf{By} \quad (2)$$

$$\mathbf{B} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (3)$$

A matriz  $\mathbf{B}$  é conhecida como inversa de Leontief. Tomando como base a teoria básica de insumo-produto, uma série de aplicações e extensões é possível, como a endogeneização do consumo das famílias para estudos relacionados à distribuição de renda e análises estruturais e de impacto (Guilhoto, 2000).

Dentre as inúmeras ferramentas de estudo das relações setoriais permitidas pelo modelo de insumo-produto, no presente trabalho optou-se pelo método da análise de decomposição estrutural a fim de identificar os fatores responsáveis pela evolução, no período recente, do nível da Emissão de CO<sub>2</sub>. Na sequência, o método da análise de decomposição estrutural será apresentado.

### 3.3. Análise de decomposição estrutural<sup>11</sup>

A busca pelo entendimento de mudanças econômicas, sociais e ambientais que se verificam ao longo do tempo e desta forma constatar quais forças direcionam a economia dispõe das técnicas Análise de Decomposição de Índice (Index Decomposition Analysis – IDA) e a Análise de Decomposição Estrutural (Structural Decomposition Analysis – SDA). As principais semelhanças e diferenças entre IDA e SDA estão na Tabela 3 a seguir.

A análise de decomposição – *Decompositon Analysis* (DA) – é uma ferramenta de estática comparativa empregada na compreensão dos determinantes que influenciam o desenvolvimento de uma variável. Nesse sentido, a associação da SDA ao modelo de insumo-produto permite a análise de decomposição estrutural – *Strutural Decompositon Analysis* (SDA) (Cabral & Perobelli, 2012). Em vista disso, a SDA é um método de estática comparativa que visa mensurar mudanças estruturais na economia utilizando o modelo de insumo-produto.

Tabela 3 - Comparação entre a análise de decomposição de índice (IDA) e estrutural (SDA)

	IDA	SDA
Semelhanças:	Métodos estáticos comparativos para determinar as forças motrizes nas mudanças históricas em indicadores econômicos, energéticos, ambientais, sociais, etc., para avaliar a influência dos diferentes efeitos sobre essas mudanças (variáveis). Ambos os métodos utilizam dados históricos de dois ou mais períodos. Geralmente, as duas formas empregamos mesmos fundamentos matemáticos (teoria dos números dos índices) para traçar as mudanças entre dois períodos. <sup>12</sup>	
Diferenças:		
Dados utilizados	Dados agregados setoriais	Tabelas de insumo-produto
Possíveis efeitos a serem determinados	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Efeito atividade (causado por <math>\Delta</math> na produção total)</li> <li>· Efeito intensidade (causado por <math>\Delta</math> no nível do uso de um indicador<sup>13</sup> por unidade da produção total)</li> <li>· Efeito estrutura (causado por <math>\Delta</math> nas parcelas de produção dos setores da economia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Efeito atividade (causado por <math>\Delta</math> na produção total)</li> <li>· Efeito intensidade (causado por <math>\Delta</math> no nível do uso de um indicador por unidade da produção total)</li> <li>· Efeito tecnológico (causado por <math>\Delta</math> na estrutura dos insumos intermediários na econômica)</li> <li>· Efeito da demanda final (causado por <math>\Delta</math> na estrutura da demanda final)</li> </ul>
Período de tempo <sup>14</sup>	· Anualmente	· entre 3 e 10 anos, em raros casos anualmente <sup>15</sup>

Fonte: Wachsmann (2005)

Nota:  $\Delta$ =diferença/mudança

Cabral & Perobelli (2012) salientam que a SDA permite a decomposição das relações insumo-produto, entre dois pontos no tempo, como a soma dos efeitos associados a cada fator individual de mudanças 16. A formulação matemática do método de SDA selecionado para este trabalho é baseada em Sesse Filho *et. al.* (2009), no qual o método de SDA é aplicado ao mercado de trabalho brasileiro para o período de 1991 a 2003.

Escolhendo como variável de interesse o nível da Emissão de CO<sub>2</sub> total, a alteração nos lançamentos registrados entre dois anos pode ser definida como resultado de mudanças na intensidade das emissões setoriais (efeito intensidade), nos coeficientes técnicos (efeito tecnologia), nos componentes da demanda final (efeitos estrutura da demanda final) e no volume da demanda final (efeito volume da demanda final). A fórmula genérica para a decomposição dos fatores é dada por:

$$\Delta c = \Delta \mathbf{n} + \Delta \mathbf{B} + \Delta \mathbf{y}^s + \Delta \mathbf{y}^v \quad (4)$$

Em (4), a variação do nível do uso total é definida por  $\Delta c$ , enquanto os efeitos intensidade, tecnologia, estrutura e volume da demanda final são captados, respectivamente, por  $\Delta \mathbf{n}$ ,  $\Delta \mathbf{B}$ ,  $\Delta \mathbf{y}^s$  e  $\Delta \mathbf{y}^v$ . Supondo que  $c$  seja a soma do nível do uso da Energia Renovável realizado por todas as atividades econômicas e  $\mathbf{n}$  um vetor ( $1 \times n$ ) que apresenta os coeficientes de emissões por setor, tem-se que:

$$c = \mathbf{n}\mathbf{x} \quad (5)$$

Aplicando a equação (2) em (5), obtém-se:

$$c = \mathbf{n}\mathbf{B}\mathbf{y} \quad (6)$$

A demanda final, por sua vez, pode ser decomposta em cinco elementos: exportações; variação de estoques; formação bruta de capital fixo; consumo da administração pública; e consumo das famílias. Considerando os componentes da demanda final define-se a matriz  $\mathbf{E}$ , cujo elemento  $e_{ij}$  apresenta a demanda direcionada ao setor  $i$  pelo componente  $j$  da demanda final. O total na linha dessa matriz é o vetor linha  $\mathbf{y}^v$ , que indica o volume da demanda final. A estrutura da demanda final,  $\mathbf{Y}^s$ , é uma matriz ( $n \times 5$ ) de coeficiente obtida pela divisão de cada elemento  $e_{ij}$  da matriz  $\mathbf{E}$  por  $y_j^v$  do vetor  $\mathbf{y}^v$ . Dessa maneira, a demanda final pode ser relatada como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Y}^s \mathbf{y}^v \quad (7)$$

Substituindo (7) em (6):

$$c = \mathbf{n}\mathbf{B}\mathbf{Y}^s \mathbf{y}^v \quad (8)$$

A decomposição estrutural da variação do nível do uso da Energia Renovável pode ser determinada como:

$$\begin{aligned} \Delta c &= c_t - c_{t-1} \\ \Delta c &= \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\ \Delta c &= \Delta \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\ \Delta c &= \Delta \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\ \Delta c &= \Delta \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \Delta \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \Delta \mathbf{y}_t^v - \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v \\ \Delta c &= \Delta \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \Delta \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \Delta \mathbf{y}_t^v \quad (9) \end{aligned}$$

De acordo com Dietzenbacher & Hoekstra (2000, *apud* Sesso Filho *et. al.*, 2010), a formulação apresentada em (9) representa apenas uma das situações possíveis. Com  $m$  fatores considerados poderão ocorrer  $m!$  Formas de decomposição estrutural, seguido uma estrutura similar à descrita em (9). Em Sesso Filho *et. al.* (2010), adotou-se como medida para cada fator de influência sobre a mudança na variável de escolha, a média das entre as duas formas polares existentes. A equação (9) apresenta uma das formas polares, a segunda é dada por:

$$\Delta c = \Delta \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v + \mathbf{n}_t \Delta \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \Delta \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \Delta \mathbf{y}_{t-1}^v \quad (10)$$

Desse modo, a influência de cada fator é descrita como:

$$\begin{aligned} \text{Efeito intensidade} &= \frac{\Delta \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \Delta \mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \\ \text{Efeito tecnologia} &= \frac{\mathbf{n}_{t-1} \Delta \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_t \Delta \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \\ \text{Efeito estrutura da demanda final} &= \frac{\mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \Delta \mathbf{Y}_t^s \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \Delta \mathbf{Y}_{t-1}^s \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \\ \text{Efeito volume da demanda final} &= \frac{\mathbf{n}_{t-1} \mathbf{B}_{t-1} \mathbf{Y}_{t-1}^s \Delta \mathbf{y}_t^v + \mathbf{n}_t \mathbf{B}_t \mathbf{Y}_t^s \Delta \mathbf{y}_{t-1}^v}{2} \end{aligned}$$

A mudança na variável de interesse, no presente caso, o nível da emissão de CO<sub>2</sub>, será igual à soma de cada um dos efeitos. Ademais, obtêm-se os resultados desagregados por setor diagonalizando  $\mathbf{n}$  e inseri-o na equação (5).

## 4. Resultados

As matrizes de insumo-produto podem ser estimadas ou construídas. Os sistemas construídos demandam considerável

volume de dados e tempo de trabalho, enquanto as matrizes estimadas necessitam de uma base de dados menor.

Assim, para compreender as mudanças econômicas, sociais e ambientais que ocorrem ao longo do tempo e assim perceber quais forças estão, e para onde, conduzindo a economia existe a técnica de Análise de Decomposição Estrutural (Structural Decomposition Analysis – SDA). Esta permite decompor em vários fatores as variações dos indicadores econômicos e ambientais e já foi empregada para estudos relacionados com importações, mercado de trabalho, setor produtivo, entre outros.

Espera-se, com este trabalho, contribuir para os estudos de nível da emissão de CO<sub>2</sub> e suas implicações. Igualmente espera-se mostrar quais as análises e conclusões para um contexto dinâmico da sociedade mundial, governo e meio-ambiente.

No ano de 2008 o mundo econômico capitalista foi sacudido por uma crise que, segundo estudos, foi a pior desde a crise de 1929, causando desemprego e recessão econômica. Também se percebe os impactos desta crise no nível de emissão de CO<sub>2</sub>, que apresentou uma queda, comparando os anos de 2008 e 2009.

O Quadro 01 e o Gráfico 01 resumem os resultados da decomposição estrutural da variação do nível da emissão de CO<sub>2</sub> nos 40 países (27 países da União Europeia e outros 13 países selecionados) acrescidas do restante do mundo no período analisado.

O efeito intensidade, que se refere à intensidade da emissão de CO<sub>2</sub> associado à produção (relação emissão de dióxido de carbono/produção), foi o fator que apresentou menor contribuição para as emissões totais de todos os países após a crise de 2008. Entretanto, verificando seu comportamento ao longo do período analisado, percebe-se sua importância na variação do nível de emissão de CO<sub>2</sub>.

O efeito tecnologia sobre as emissões teve grande contribuição para os lançamentos de dióxido de carbono. A estrutura da demanda final foi o fator de maior participação nas emissões após a crise de 2008, esse efeito é atribuído à variação da demanda final.

Quadro 01 – Decomposição Estrutural do nível de uso da Emissão de CO<sub>2</sub>

Período	Efeito intensidade	Efeito tecnológico	Efeito estrutura da demanda final	Efeito volume da demanda final	Efeito Total	Diferença entre os anos
1995-1996	-199454,057	-141223,8253	215321,9418	448003,1609	322647,22	322632,3823
1996-1997	-343381,279	-152963,3318	166236,8207	499692,0221	169584,232	169634,629
1997-1998	-273454,127	154760,3338	-78170,2901	438132,9847	241268,901	241033,0732
1998-1999	-890888,79	178497,5421	8207,132701	757204,0342	53019,9193	70465,11313
1999-2000	543603,001	-594237,2724	-58183,7646	422495,3057	313677,269	314713,3099
2000-2001	-448888,397	56992,37202	222966,6537	263050,2454	94120,8747	93442,74263
2001-2002	311712,036	-425360,4243	89223,80343	290777,4481	266352,863	266115,9004
2002-2003	-67028,7242	75818,47439	186167,7791	528834,6245	723792,154	723450,0488
2003-2004	-763936,637	625856,563	263158,9981	726322,4026	851401,326	850958,6067
2004-2005	-860485,114	360121,8993	347702,4618	655434,3843	502773,631	502731,8343
2005-2006	-22478,2263	-459411,0844	337843,7372	746673,7363	602628,163	602673,2892
2006-2007	-989214,109	552796,3324	455276,9654	750177,6537	769036,843	768938,3499
2007-2008	-750199,094	170673,7642	278962,1419	420279,0785	119715,89	119675,3317
2008-2009	1534,05763	-390257,6285	423177,9284	-421054,3035	-386599,95	-386625,4445

Fonte: Estimativas dos autores (2016)

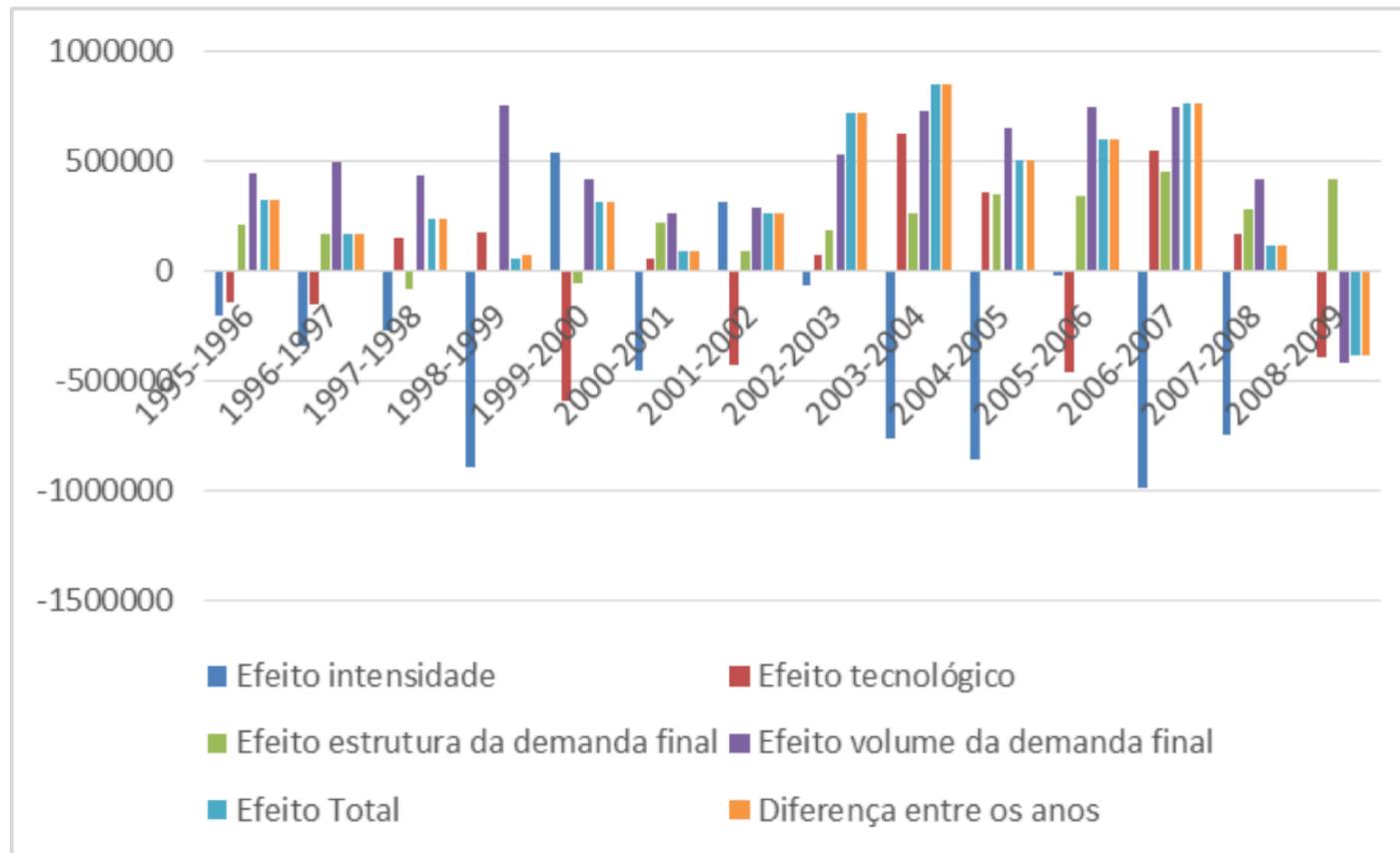
Dentre os principais resultados destacam-se que o Efeito atividade (causado por variação na produção total) foi de aproximadamente 448 mil Gigagramas (Gg) em 1995 para -421 mil Gg em 2009, causando um efeito negativo sobre a variação da demanda final sobre a emissão de CO<sub>2</sub> no período.

O Efeito intensidade (causado por variação no nível do uso de um indicador por unidade da produção total) foi de aproximadamente -199 mil Gg em 1995 para 1,5 mil de Gg em 2009, indicando uma diminuição da produtividade da emissão de CO<sub>2</sub> e aumento da intensidade de uso deste insumo.

O Efeito tecnológico (causado por variação na estrutura dos insumos intermediários na econômica) foi de aproximadamente -141 mil Gg em 1995 para -390 mil Gg em 2009, mostrando que a variação no uso de insumos intermediários, alterou a produtividade da emissão de CO<sub>2</sub>.

O Efeito da demanda final (causado por variação na estrutura da demanda final) foi de aproximadamente 217 mil Gg em 1995 para 423 mil Gg em 2009. Finalmente, o Efeito Total foi de aproximadamente 322 mil Gg em 1995 para -386 mil Gg em 2009.

Gráfico 01 – Decomposição Estrutural do nível de uso da Emissão de CO<sub>2</sub>.



Fonte: Estimativas dos autores (2016)

Pode-se observar que a crise financeira de 2008 afetou consideravelmente o Emissão de CO<sub>2</sub> impactando o meio ambiente pelo consumo de recursos minerais e pela produção de resíduos, que modificam a paisagem e gerando grandes impactos ambientais. O estudo utiliza a SDA para a Emissão de CO<sub>2</sub> com a base de dados do WIOD e confirma a evolução do lançamento de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, bem como os efeitos na crise de 2008 nas emissões.

A análise dos dados, cujas fontes demonstram credibilidade, apresentou a realidade da economia mundial no período de 1995 até 2009, suas características, destacando os resultados nos 34 setores analisados, com ênfase para os impactos derivados da atividade econômica pelo considerável nível de Emissão de CO<sub>2</sub>.

## 5. Considerações finais

O objetivo do estudo foi analisar a decomposição estrutural da variação do nível da Emissão de CO<sub>2</sub> no período de 1995 até 2009. Foi identificado que o Efeito intensidade teve impacto no resultado final ao longo do período. Observou-se também que as crises econômicas do período afetaram o comportamento dos efeitos totais.

No plano global, a recessão ainda perdura entre muitos países desenvolvidos, principalmente na Europa, enquanto que a recuperação incipiente parece prenunciar um ritmo de expansão mais lenta em países como o Brasil e a China.

No período recente, a questão ambiental tem induzido o debate na sociedade e no meio acadêmico. Para superar o modelo de subdesenvolvimento é necessária uma mudança na estrutura, tornando mais homogênea, partindo de tecnologias mais simples para as mais complexas sem abrir mão de manter uma relação comercial externa.

Nota-se a importância de se pensar em um desenvolvimento sustentável seguindo a Economia Ecológica, que analisa o funcionamento do sistema econômico tendo em vista as condições do mundo biofísico sobre o qual se realiza: Sustentabilidade Ambiental do Desenvolvimento, crescimento versus escassez.

Espera-se que esse trabalho contribua com o desenvolvimento sustentável, com o estudo de Matrizes Insumo Produto e Análise de Decomposição Estrutural (SDA) com outras publicações da área. Para futuros estudos, dando continuidade aos impactos ambientais, aguarda-se que as matrizes da WIOD sejam atualizadas e assim se possa estiar novos valores.

## Referências

- Agarwal S. K.; *Water pollution* (em Inglês). Nova Délhi: APH Publishing, 2009. 384 p. ISBN 978-8-176-48832-7
- Alcántara, V.; Padilla, E.. "Key" Sectors in Final Energy Consumption: an input-output application to the spanish case. *Energy Policy*, [s.l.], v. 31, n. 15, p.1673-1678, dez. 2003. Elsevier BV. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0301421502002331?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Borges, F. H.; Tachibana, W. K. A Evolução da Preocupação Ambiental e seus Reflexos no Ambiente dos Negócios: uma abordagem histórica. In: XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Enegep, 2005, Porto Alegre. *Anais...*, 2005.
- Cabral, J. A.; Perobelli, F. S. *Análise de decomposição estrutural para o setor de saúde brasileiro: 2000 2005*. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 42, p. 363-402, 2012.
- Casler, S.; D; Blair, P.D. Economic Structure, Fuel Combustion, and Pollution Emissions. *Ecological Economics*, v.22, p.19-27, 1997.
- Chaves, C.V. Fontes de Energia. In Albuquerque, E. (coord.) *Economia do Conhecimento Sistema Produtivo: Baseados em Ciência - PIB*. Disponível em [http://www.projetopib.org/arquivos/ds\\_ciencia\\_novas\\_fontes\\_de\\_energia.pdf](http://www.projetopib.org/arquivos/ds_ciencia_novas_fontes_de_energia.pdf)
- Chen, G. Q.; Zhang, B. Greenhouse Gas Emissions in China 2007: inventory and input-output analysis. *Energy Policy*,

- [s.l.], v. 38, n. 10, p.6180-6193, out. 2010. Elsevier BV. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:S0301421510004672?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Cruz, L.; Barata, E.. Estrutura económica, intensidade energética e emissões de CO<sub>2</sub>: Uma abordagem Input-Output. *Feuc*, Coimbra, v. 1, n. 8, p.1-39, jan. 2007. Disponível em: <[http://gemf.fe.uc.pt/workingpapers/pdf/2007/gemf\\_2007-08.pdf](http://gemf.fe.uc.pt/workingpapers/pdf/2007/gemf_2007-08.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2015
- Damasceno, J. J.; Mata, H. T. C. Economia e meio ambiente: uma abordagem na perspectiva das teorias do valor – trabalho e valor – utilidade. In: Seminário de Iniciação Científica da Ufsc, 12., 2002, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Ufsc, 2002, p. 418-419.
- Dietzenbacher, E. e Hoekstra, R. (2000), The structural decomposition approach, in 'Conference on Input Output Techniques'.
- Faraday, S. Principais Grandes Crises Financeiras. Compilado por Saurater Faraday em 2009. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br/artigos/economia-e-financas/principais-grandes-criises-financeiras/29386/>>. Acesso em: 28 julho. 2015.
- Fernandes, L; Garcia, G. F.; Caresia, M.. *Matrizes Energéticas e Desenvolvimento Desigual: os BRICS no atual debate sobre mudanças climáticas*. Núcleo de Sistemas de Inovação e Governança do Desenvolvimento, jul. de 2012. Disponível em: <<http://bricspolicycenter.org/homolog/Job/Interna/4878>>. Acesso em: 17 jul. 2015.
- Georgescu-Roegen, N. Energy and economy myths. New York: Pergamon Press, 1976.
- Guandalini, G. O Brasil que queremos ser. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/40anos/blog/giuliano-guandalini/>>. Acesso em: 4 set. 2011.
- Guedes, A. L. Globalização e interdependência: Reconhecendo a importância das relações entre governos e empresas transnacionais. Ebape/FGV, 2003.
- Guevara, Z.; Rodrigues, J.; Souza, T. A Structural Decomposition Analysis of Primary Energy Use in Portugal. 2014
- Guilhoto, J. J. M. Análise de Insumo-Produto: Teoria e Fundamentos. Unpublished: MPRA\_paper\_32566, 2011. Disponível em: [http://mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/2/MPRA\\_paper\\_32566.pdf](http://mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/2/MPRA_paper_32566.pdf). Acesso em: 10/03/2012.
- Guilhoto, J. J. M. (2000), Leontief e insumo-produto: antecedentes, princípios e evolução, Technical report, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queirós".
- Guilhoto, J.J.M. *Análise de Insumo-Produto: Teoria, Fundamentos e aplicações*. Livro em Elaboração. Departamento de Economia. FEA-USP, 2006.
- Guilhoto, J. J. M. e Filho, U. A. S. Estimção da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais. *Revista de Economia Aplicada*. Vol. 9, nº.2, pp. 277-299, 2005.
- Guilhoto, J. J. M. e Filho, U. A. S. Estimção da matriz insumo-produto utilizando dados preliminares das contas nacionais: aplicação e análise de indicadores econômicos para o Brasil em 2005. *Economia e Tecnologia*. Ano 06, Vol. 23, Outubro/Dezembro, 2010.
- Guilhoto, J.J.M., G.J.D. Hewings, M. Sonis. "Interdependence, linkages and multipliers in Asia: an international input-output analysis". Apresentado no: 5º Summer Institute of the PRSCO of the RSAI, Nagoya, Japão. 1997.
- Guilhoto, J.J.M., G.J.D. Hewings, M. SONIS, e J. GUO. "Economic Structural Change Over Time: Brazil and United States Compared". *Economia Aplicada*. 1997.
- Guilhoto, J.J.M. e Sessa Filho U.A. Estrutura produtiva do Pará: uma análise de insumo-produto. *Ciência Regional: Teoria e Métodos de Análise*. 2011.
- Guilhoto, J.J.M., M. Sonis, e G.J.D. Hewings. *Linkages and Multipliers in a Multiregional Framework: Integrations of Alternative Approaches. Discussion Paper 96-T-8. Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois*. 1996.
- Haddad E. A; Santos R.A.C. Uma análise de insumo-produto da distribuição interestadual da renda no Brasil. ANPEC 2005
- Haan, M. (2001), 'A structural decomposition analysis of pollution in the netherlands', *Economic Systems Research* 13, 181–196.
- Habrman, M. Structural decomposition analysis of carbon footprint. Bratislava, Slovakia, 2012.
- Hetherington, R.. An input-output analysis of carbon dioxide emissions for the UK. *Energy Conversion And Management*, [s.l.], v. 37, n. 6-8, p.979-984, jun. 1996. Elsevier BV. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:0196890495002871?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Hilgemberg, E. M.; Guilhoto, J. J. M.. Uso de Combustíveis e Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil: um modelo inter-regional de insumo-produto. *Nova Economia*, Belo Horizonte, p.49-99, abr. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/neco/v16n1/v16n1a02>>. Acesso em: 28 jul. 2015.
- Hirschman, A.O. *The Strategy of Economic Development*. New Haven: Yale University Press. 1958.
- Hoekstra, R. e Van der Bergh, J. J. C. J. (2003), 'Comparing structural and index decomposition analysis.', *Energy Economics* 25, 39–64.
- Hoem, A. (2003), A decomposition analysis of the emissions of CO<sub>2</sub>, in 'European Congress of the Regional Science Association'.
- IEA. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights 2014. 2014. Disponível em: <<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2014.html>>. Acesso em: jun. 27 2015.

Isard, W. Interregional and regional input-output analysis: a model of a space-economy. Review of Economics and Statistics, 1951.

Jannuzzi, G. M. A Política Energética e o Meio Ambiente: instrumento de mercado e regulação. In: Romeiro, A. R.; Reydon, B. P.; Leonardi, M. L. A. (Org.) Economia do Meio Ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas, SP: Unicamp, 1996, 384 p.

Labandeira, X.; Labeage, J.M. Estimation and Control of Spanish Energy-Related CO<sub>2</sub> Emissions: an input-output approach. *Energy Policy*, v.30, p.597-611, 2002.

LALL, S. The technological structure and performance of developing country manufactured exports, 1985-1998. *Oxford Development Studies*, 28(3): 337-369, 2000.

Leontief, W. A economia do insumo-produto. 3. ed. Coleção os Economistas. Nova cultural: São Paulo, 1988.

Leontief, W. *The Structure of the American Economy*. Segunda Edição Ampliada. New York: Oxford University Press, 1951.

Leontief, W. *Input-Output Economics*. 2a ed. New York: Oxford University Press, 1986.

Leontief, W., Ford, D. *Air Pollution and Economic Structure: Empirical Results of Input-Output Computations*, In: Brody, A., Carter, A. Input-Output-Techniques, North Holland, Amsterdam, The Netherlands, 1972.

Lin, S. J.. CO<sub>2</sub> Emission Multiplier Effects of Taiwan's Electricity Sector by Input-output Analysis. ***Aerosol And Air Quality Research***, [s.l.], p.180-190, 2012. Taiwan Association for Aerosol Research. Disponível em: <[http://aaqr.org/VOL12\\_No2\\_April2012/4\\_AAQR-12-01-OA-0006\\_180-190.pdf](http://aaqr.org/VOL12_No2_April2012/4_AAQR-12-01-OA-0006_180-190.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2015.

Lopes, R. L.; Guilhoto, J. J. M.; Marcos, R. P. The energy consumption and the CO<sub>2</sub> emissions in different income class in Sao Paulo state and rest of Brazil: The IRIO approach, São Paulo, 2014.

Marcel P. Timmer (ed) (2012), "The World Input-Output (Database WIOD): o conteúdo, fontes e métodos", Working Paper WIOD número 10, disponível para download no <http://www.wiod.org/publications/papers/wiod10.pdf>

**Mariano, K. L. P.** O Neoliberal institucionalismo: um modelo teórico para a integração regional. Caderno cedec, n.º 50, 1995.

Mariano, M. P.; Mariano K. L. P. [As teorias de integração regional e os Estados subnacionais](#). Revista Impulso, v.13, nº 31, 2002, p. 47-69.

May, P. H. Economia Ecológica e o Desenvolvimento Equitativo no Brasil. In: Cavalcanti, C. (Org.) Desenvolvimento e Natureza: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez, 2009, 429 p.

Miller, R. E.; Blair, P. D. Input-output analysis: foundations and extensions. Cambridge: Cambridge University Press, 750 p. 2009.

Miller, R.E., e P.D. Blair *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

Miyazawa, K. *Input-Output Analysis and the Structure of Income Distribution*. Berlin: Springer-Verlag. 1976.

Morais, A. F. (2007), Análise setorial das emissões de CO<sub>2</sub> no brasil., Master's thesis, Universidade Estadual de Maringá.

Morais, A. F. Costa, J. S. Lopes, R. L. Emissões de CO<sub>2</sub> na Economia Brasileira: uma análise de decomposição estrutural para os anos de 1990 e 2003. In. XLIV Congresso da SOBER, *Anais...* 2006, Fortaleza.

MRE – Ministério das Relações Exteriores. MRE. Disponível em:

[http://www.statssa.gov.za/news\\_archive/Docs/FINAL\\_BRICS%20PUBLICATION\\_PRINT\\_23%20MARCH%202013\\_Reworked.pdf](http://www.statssa.gov.za/news_archive/Docs/FINAL_BRICS%20PUBLICATION_PRINT_23%20MARCH%202013_Reworked.pdf). Acesso: 07/10/2014.

*NEREUS* (Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP). [www.nereus.usp.br/nereus](http://www.nereus.usp.br/nereus). Acessado em 03 de março de 2012.

Ouriques, N. D. O Brasil e a crise mundial: aprofundando o subdesenvolvimento e a dependência. In: SEMANA DE ECONOMIA, 22., 2011, Londrina. Anais... Londrina: [s. l.], 2011.

Pereira, A. S.; May, P. H. Economia do Aquecimento Global. In: May, Peter H.; Lustosa, Maria C.; Vinha, Valéria. (Org.) Economia do Meio Ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, 318 p.

Pereira, L. S.; Ian, C.; Iacovos I. *Coping with water scarcity: addressing the challenges* (em Ingles). [S.l.]: Springer, 2009. 396 p. ISBN 978-1-4020-9578-8

Pereira, M. B. G.; Gutierrez, S. O Mecanismo de Desenvolvimento Sustentável Brasileiro. Texto para Discussão n. 1443. IPEA. Brasília, dezembro de 2009.

Perobelli F.S; Ferreira P.G.C; Faria W.R. Análise de convergência espacial no Estado de Minas Gerais: 1975-2003. Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos, 2009.

PNUD – Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento – [www.pnud.org.br/rdh/](http://www.pnud.org.br/rdh/). Acesso em 05 de abril de 2012.

Pochmann, M. Relações comerciais e de investimento do Brasil com demais países dos. O Brasil, os BRICS e a agenda internacional. Brasília: Leal, 2012.

Rasmussen, P. *Studies in Intersectoral Relations*. Amsterdam: North Holland. 1956

**REN21**. [Renewables 2010 Global Status Report](#) p. 15-16. 2010.

Richardson, H. W. Insumo-Produto e Economia Regional. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1978.

Rodrigues, N. Teoria da interdependência: os conceitos de sensibilidades e vulnerabilidade nas organizações internacionais. *Conjuntura global*, v. 3, n.º 2, p.107-116, Abr./jun, 2014,

Romeiro, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade. In: May, P. H.; Lustosa, M. C.; Vinha, V. (Org.). Economia do meio ambiente: teoria e prática. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

Santiago, E. Crises econômico-financeiras de 1991 a 2011. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/economia/crises-economico-financeiras-de-1991-a-2011/>>. Acesso em: 28 julho.2015.

Sesso Filho, A. U; Rodrigues R. L.; Moretto A. C: A economia brasileira: transformações estruturais no período de 1990-2003. Revista Economia e Tecnologia, da UFPR, 2009.

Sesso Filho; U. A.; Moreto, A C.; Rodrigues, R. L.; Balducci, F. L. P.; Kureski, R. Indústria automobilística no Paraná: impactos na produção local e no restante do Brasil. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/encontro2004/artigos/A04A127.pdf>. Acesso em 06 de agosto de 2015.

Sesso Filho, U. A.; Moretto, A. C.; Rodrigues. R. L.; Brene, P. R. A.; Lopes, R. L. Decomposição Estrutural da Variação do Emprego no Brasil, 1991 - 2003. Economia Aplicada, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 99-123, agosto, 2009.

Silva, M. F. O.; Costa, L. M.; Pereira, F. S.; Costa, M. A. A indústria de transformação de plástico e seu desempenho recente. BNDES Setorial – Química, v. 38, p. 131-172, 2013.

Silva, M. P. N.; Perobelli, F. S.. Efeitos tecnológicos e estruturais nas emissões brasileiras de CO<sub>2</sub> para o período 2000 a 2005: uma abordagem de análise de decomposição estrutural (SDA). *Estud. Econ.*, [s.l.], v. 42, n. 2, p.307-335, 2012. Fap UNIFESP (SciELO). Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-41612012000200004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612012000200004)>. Acesso em: 28 jul. 2015.

Sonis, M. e G.J.D. Hewings. "Error and Sensitivity Input-Output Analysis: a New Approach." Em R.E. Miller, K.R. Polenske e A.Z. Rose (eds.) *Frontiers of Input-Output Analysis*. New York, Oxford University Press, 1989.

Sonis, M. e G.J.D. Hewings. *Fields of Influence in Input-Output Systems*, unpublished manuscript, Regional Economics Applications Laboratory, Urbana, Illinois, 1994.

Souza, A. M.. Estrutura produtiva dos países do bric e seus impactos nas emissões de CO<sub>2</sub>: uma análise insumo-produto. 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Economia Regional, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

Timmer, M. The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods. World Input-Output Database (WIOD), WIOD working paper n. 10, 2012.

UNESCO. *Water: a shared responsibility* (em Inglês). [S.l.]: Berghahn Books, 2006. ISBN 92-3-104006-5 (*The United Nations World Water Development Report 2*)

Vieira, R.; Rocha, R. Economia e Meio Ambiente. Bionotícias. Conselho Regional de Biologia 2ª Regional Rio de Janeiro e Espírito Santo. Novembro/dezembro 2005. Disponível em: <http://www.crbio2.org.br/bionoticias/Dez05.pdf> >. Acesso em: 12 out. 2008.

Vieira, F. V.; Veríssimo, M. P. Crescimento Econômico em Economias Emergentes Seleccionadas: Brasil, Rússia, Índia, China (BRIC) e África do Sul. Economia e Sociedade, Campinas, v.18, n.3 (37), p. 513-546, dez. 2009.

Wachsmann, E. (2005), Mudanças no consumo de energia e nas emissões associadas de CO<sub>2</sub> no Brasil entre 1970 e 1996: uma análise de decomposição estrutural, PhD thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Wang, Lawrence K.; Joo-Hwa Tay, Stephen Tiong Lee Tay, Yung-Tse Hung (ed.). *Environmental bioengineering* (em Inglês). [S.l.]: Springer, 2010. 895 p. vol. 11. ISBN 978-1-58829-493-7

WIOD. World Input-Output Database. Disponível em: <<http://www.wiod.org>>. Acesso em: 25 jul. 2015.

World Bank. *World Development Indicators 2012*. World Bank, 2012. Disponível em: [www.worldbank.org/pt/country/brazil](http://www.worldbank.org/pt/country/brazil)>. Acesso em: 25 jul. 2015.

World Health Organization; Unicef. *Progress on drinking water and sanitation: 2014 update*. [S.l.: s.n.], 2014. ISBN 978-92-4-150724-0

WWF, Brasil. Pegada Ecológica? O que é isso?. Disponível em: <<http://www.wwf.org.br/index.cfm>> Acesso em: 29 out. 2011.

WWF, Brasil. Planeta vivo relatório 2010: Biodiversidade biocapacidade e desenvolvimento. Disponível em: <[http://assets.wwf.org.br/downloads/08out10\\_planetavivo\\_relatorio2010\\_completo\\_n9.pdf](http://assets.wwf.org.br/downloads/08out10_planetavivo_relatorio2010_completo_n9.pdf)> Acesso em: 03 dez. 2011

---

1. Doutor em economia pela Universidade Estadual de Maringá. Coordenador do curso de Ciências Econômicas da Universidade Pitágoras Norte do Paraná – UNOPAR. Av. Colombo, 5790 - Bloco: C34 - Maringá – PR – Brasil CEP: 87020-900. E-mail: [egzesteves@hotmail.com](mailto:egzesteves@hotmail.com)

2. Professor do Departamento de Economia, Universidade Estadual de Maringá. Endereço Av. Colombo, 5790, Bloco C34. Maringá – Paraná – Brasil, CEP: 87020-900. E-mail: [afalves@uem.br](mailto:afalves@uem.br)

3. Professor do Departamento de Economia, Universidade Estadual de Londrina. Caixa Postal 6001 - Londrina-PR – Brasil, CEP: 86051-990 - E-mail: [umasesso@uel.br](mailto:umasesso@uel.br)

4. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de ESTEVES, E. G. Z. Impactos locais e inter-regionais na construção civil e o panorama do setor no município de Londrina-Pr, Brasil. 85 f. Dissertação de Mestrado em Economia Regional. - Centro de Estudos Sociais Aplicados, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

5. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de FAUSTINO, I. A.; SESSO FILHO, U. A.; RODRIGUES, R. L. e ESTEVES, E. G. Z. O transbordamento de produção dos integrantes do BRIC: uma análise da interdependência econômica para os anos de 2001 e 2009.

6. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de PERDIGÃO, C.; FAIÃO, T. F.; SESSO FILHO, U. A.; ESTEVES, E. G. Z. ; ZAPPAROLI, I. D. RODRIGUES, R. L. A Evolução das Emissões de CO<sub>2</sub> para Brasil, Rússia, Índia e China: uma análise de decomposição estrutural

7. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de PERDIGÃO, C.; FAIÃO, T. F.; SESSO FILHO, U. A.; ESTEVES, E. G. Z. ; ZAPPAROLI, I. D. RODRIGUES, R. L. A Evolução das Emissões de CO<sub>2</sub> para Brasil, Rússia, Índia e China: uma análise de decomposição estrutural

8. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de FAUSTINO, I. A.; SESSO FILHO, U. A.; RODRIGUES, R. L. ESTEVES, E. G. Z. O transbordamento de produção dos integrantes do BRIC: uma análise da interdependência econômica para os anos de

2001 e 2009.

9. Alemanha, Austrália, Áustria, Bélgica, Brasil, Bulgária, Canadá, China, Chipre, Coreia do Sul, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Espanha, Estados Unidos, Estônia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Índia, Indonésia, Irlanda, Itália, Japão, Letônia, Lituânia, Luxemburgo, Malta, México, Polônia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Romênia, Rússia, Suécia, Taiwan e Turquia.

10. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de PERDIGÃO, C.; FAIÃO, T. F.; SESSO FILHO, U. A.; ESTEVES, E. G. Z. ; ZAPPAROLI, I. D. RODRIGUES, R. L. A Evolução das Emissões de CO<sub>2</sub> para Brasil, Rússia, Índia e China: uma análise de decomposição estrutural

11. Para o desenvolvimento deste estudo, a construção desta seção está fundamentalmente baseada na obra de PERDIGÃO, C.; FAIÃO, T. F.; SESSO FILHO, U. A.; ESTEVES, E. G. Z. ; ZAPPAROLI, I. D. RODRIGUES, R. L. A Evolução das Emissões de CO<sub>2</sub> para Brasil, Rússia, Índia e China: uma análise de decomposição estrutural

12. Enquanto com respeito à IDA a literatura existente se concentrou principalmente nas implicações da teoria de índices e a especificação da decomposição, a literatura da SDA focou mais o número dos determinantes e nos efeitos específicos.

13. Por exemplo, intensidade energética.

14. A escolha do período de tempo para a realização da decomposição é ditada pela disponibilidade dos dados. Como para a maioria dos países as tabelas de insumo-produto não são construídas anualmente, o estudo é baseado em períodos mais longos.

15. Por exemplo, WIER(1998).

16. Para maiores detalhes sobre a metodologia da análise de decomposição estrutura consultar Miller e Blair (2009, cap. 13), Wachsmann (2005) e Sesso Filho *et. al.* (2009).

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 42) Año 2017  
Indexada en Scopus, Google Schollar

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados